26年度一次電気電子問題略解

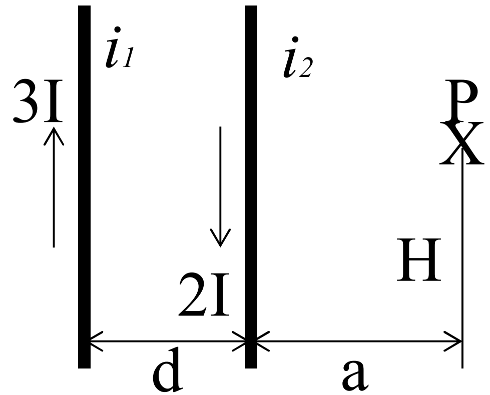
計算問題中心

問題分野と正解番号

Ⅲ-1④	二つの電流が作る磁界の合成値が0になる位置を求める
Ⅲ-2④	誘電体に関するガウスの法則
Ⅲ-3②	電磁波に関する記述の正誤
Ⅲ-4④	電気回路と磁気回路に関する記述の正誤
Ⅲ-5③	2電源直流回路の電流
Ⅲ-6⑤	二つのコンデンサを接続したときの静電エネルギーの変化
Ⅲ-7③	所定の電流が流れるようにする回路条件を求める
Ⅲ-8①	等価電源の計算
Ⅲ-9⑤	RC直列回路の過渡現象
Ⅲ-10②	RLC直列回路の過渡現象
Ⅲ-11③	ブリッジ回路の平衡条件
Ⅲ-12④	LC回路のインピーダンス
Ⅲ-13③	短絡容量計算
Ⅲ-14②	発電機脱落時の周波数変化
Ⅲ-15④	誘導電動機の回転数
Ⅲ-16⑤	変圧器の零相インピーダンス
Ⅲ-17②	直流分巻電動機の回転数
Ⅲ-18②	2象限（電流可逆）チョッパー回路穴埋め

Ⅲ-19②	DC-DCコンバーター（昇圧チョッパー）
Ⅲ-20②	伝達関数と単位ステップ入力に対する応答
Ⅲ-21①	自動制御に関する穴埋め
Ⅲ-22③	オペアンプ
Ⅲ-23⑤	理想電流源を持つ回路
Ⅲ-24①	論理回路の出力式
Ⅲ-25②	CMOSが実現する論理回路の論理関数
Ⅲ-26⑤	ハミング符号の応用
Ⅲ-27③	ハフマン符号の応用
Ⅲ-28②	フーリエ変換
Ⅲ-29②	ｚ変換
Ⅲ-30④	離散フーリエ変換の計算
Ⅲ-31④	インターネット関連穴埋め
Ⅲ-32③	PCMに関する記述
Ⅲ-33①	半導体素子に関する穴埋め
Ⅲ-34④	半導体に関する穴埋め
Ⅲ-35④	情報通信設備の電源の品質向上に関する記述の正誤

Ⅲ-1④



電流 i から r [m] 離れた場所における磁界をhとすれば、

$$2\pi rh = i \rightarrow h = \frac{i}{2\pi r}$$

ここでは、

$$0 = \frac{3I}{2\pi(d+a)} - \frac{2I}{2\pi a}$$

$$\frac{3}{d+a} = \frac{2}{a} \rightarrow 2a + 2d = 3a$$

$$a = 2d$$

Ⅲ-2④

$$\int_S E \cdot dS = \frac{1}{\varepsilon_0}\int_V (\rho + \rho_p)dV$$

$$\int_S D \cdot dS = \int_V \rho dV$$

Ⅲ-3②

Ⅲ-4④

Ⅲ-5③

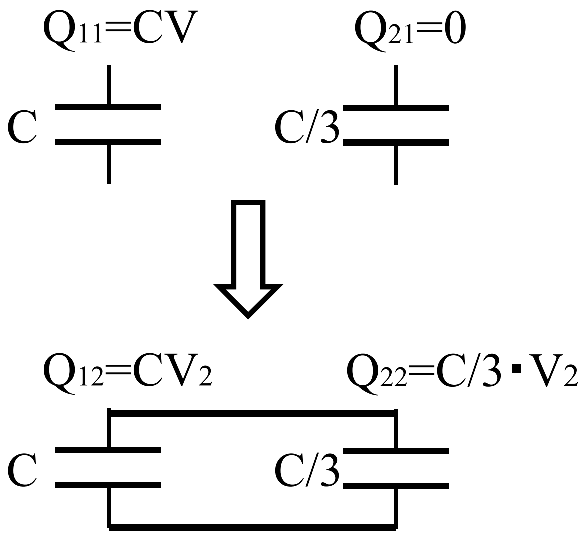
$1V$を短絡したとき、

$$i_1 = \frac{7}{1+\frac{2\times 3}{2+3}} \times \frac{2}{2+3} = \frac{7\times 2}{5+6} = \frac{14}{11}$$

$7V$を短絡したとき、

$$i_2 = \frac{-1}{3+\frac{1\times 2}{1+2}} = \frac{-3}{11}$$、合計$\frac{11}{11} = 1.0$

Ⅲ-6 ⑤



接続変化の前後で、コンデンサに蓄えられる電荷の総量は不変であることを利用する。

$$Q_{11} = Q_{12} + Q_{22}$$

$$\therefore CV = CV_2 + \frac{C}{3}V_2 = \frac{4C}{3}V_2$$

$$\therefore V_2 = \frac{3}{4}V$$

静電エネルギー(単位 j)は、

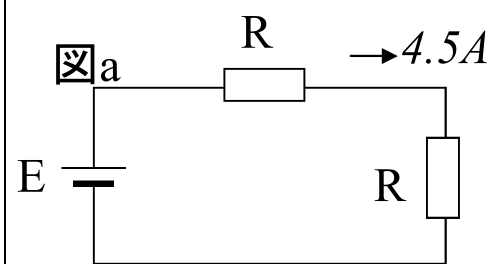
接続前は、$\dfrac{CV^2}{2}$、

接続後は、

$$\frac{1}{2}\left(\frac{4C}{3}\right)\left(\frac{3}{4}V\right)^2 = \frac{3}{8}CV^2$$

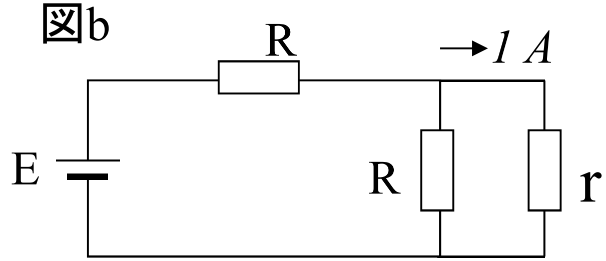
Ⅲ-7 ③

図a



理想的な電圧源として内部抵抗が 0 [Ω]の電源とする。

図b



図aから、

$E = 4.5 \times 2R = 9R$

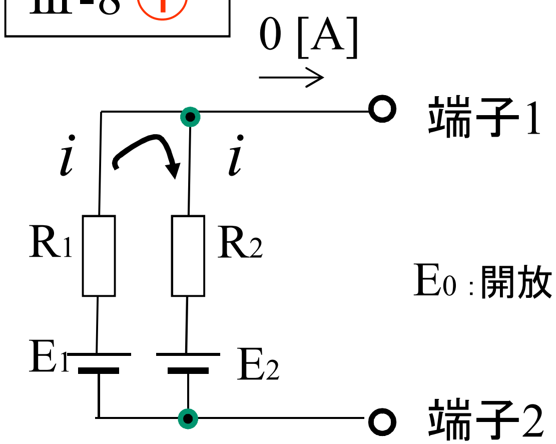
図bから、r に流れる電流は、

$$\frac{9R}{R + \frac{R \times r}{R + r}} \times \frac{R}{R + r} = 1[A]$$

$$\frac{9R^2}{R(R + r) + Rr} = \frac{9R}{R + 2r} = 1$$

$8R = 2r \rightarrow r = 4R$

Ⅲ-8 ①



等価内部抵抗 R_0 は、$E_1 = 0, E_2 = 0$ として端子1, 2から内部を見た値で、

$$R_0 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

短絡電流 J_0 は、$J_0 = E_0 / R_0$

開放電圧 E_0は開放時に、R_1とR_2を環流する電流をi として,

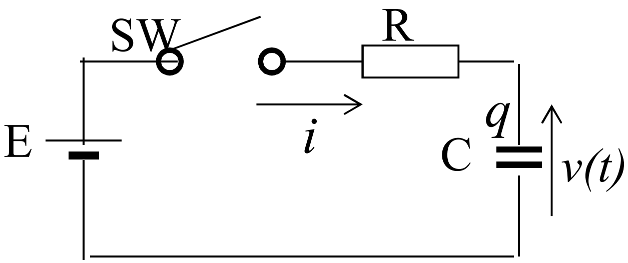
$E_0 = E_1 - R_1 i = E_2 - R_2(-i)$から、

$$E_1 - E_2 = (R_1 + R_2)i \rightarrow i = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2}$$

$$E_0 = E_1 - R_1 \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}$$

$$J_0 = E_0 / R_0 = \frac{\frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}}{\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 \times R_2}$$

Ⅲ-9 ⑤



SW投入後の回路方程式は、

$E-v(t)=iR,$

$v(t)=\dfrac{q}{C},$

$\dfrac{dq}{dt}=i,$

$v(0)=v_0$

以上から、$E-\dfrac{q}{C}=R\dfrac{dq}{dt}$

整理して、

$\dfrac{dq}{dt}+\dfrac{q}{RC}=\dfrac{E}{R},\quad i=\dfrac{dq}{dt}$

一般解は、$\dfrac{dq}{dt}+\dfrac{q}{RC}=0\rightarrow q=A\varepsilon^{\frac{-t}{RC}}$

特別解は、$\dfrac{q}{RC}=\dfrac{E}{R}\rightarrow q=CE$

$t=0$ で$v=v(0)=v_0, q_0=Cv_0$

$\therefore A+CE=Cv_0\rightarrow A=Cv_0-CE$

$\therefore q=C(v_0-E)\varepsilon^{\frac{-t}{RC}}+CE$

$v(t)=\dfrac{q}{C}=(v_0-E)\varepsilon^{\frac{-t}{RC}}+E$

ラプラス変換で求めるには、$\dfrac{dq}{dt}+\dfrac{q}{RC}=\dfrac{E}{R}$

$sQ-q(0+)+\dfrac{Q}{RC}=\dfrac{E}{sR}$ で、$q(0+)=Cv_0$ 、

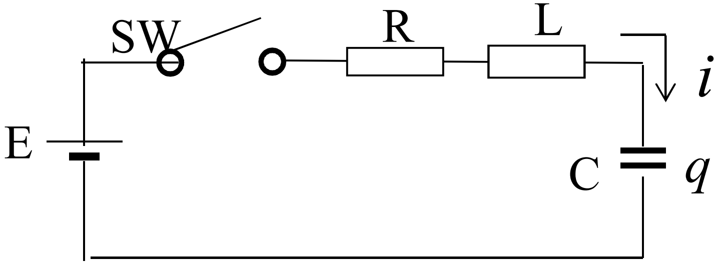
両辺を $s+1/RC$ で除し$V=Q/C$として整理

すると、$V=\dfrac{Q}{C}=\dfrac{v_0-E}{s+\dfrac{1}{RC}}+\dfrac{E}{s}$

逆変換して、

$v=(v_0-E)e^{\frac{-t}{RC}}+E$

Ⅲ-10 ②



回路方程式は、

$$E = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int_t i\,dt$$

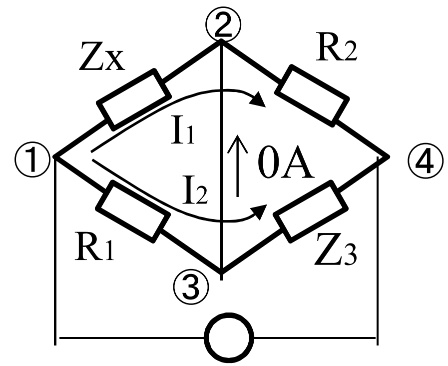
$$= L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$$

$i(q)$が振動しない条件は

$\left(Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}\right) = 0$の解の虚数部が存在しないこと。それは、根の判別式が負でないことである。

$$\therefore R^2 - 4L/C \geq 0 \rightarrow 4L \leq CR^2$$

Ⅲ-11 ③



検流計の電流が0であることは検流計の両端の電位が等しいことを意味するので

$Z_xI_1 = R_1I_2$, $R_2I_1 = Z_3I_2$である。

両辺の比をとり、$\frac{Z_x}{R_1} = \frac{R_2}{Z_3}$が成り立つ。

$$\therefore Z_x = R_1R_2\left(\frac{1}{R_3} + j\omega C_3\right)$$

$$= \frac{R_1R_2}{R_3} + j\omega(R_1R_2C_3) = R_x + j\omega L_x$$

$$R_x = \frac{R_1R_2}{R_3}, L_x = R_1R_2C_3$$

Ⅲ-12④

$$\omega^2 LC = 1 \to \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$(\text{ア})\, j\omega L,\ (\text{イ}) \frac{1}{j\omega C}$$

$$(\text{ウ})\ j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = 0$$

$$(\text{エ}) \frac{1}{\dfrac{1}{j\omega L} + j\omega C} = \frac{1}{j\omega C(-1+1)} = \infty$$

Ⅲ-13③

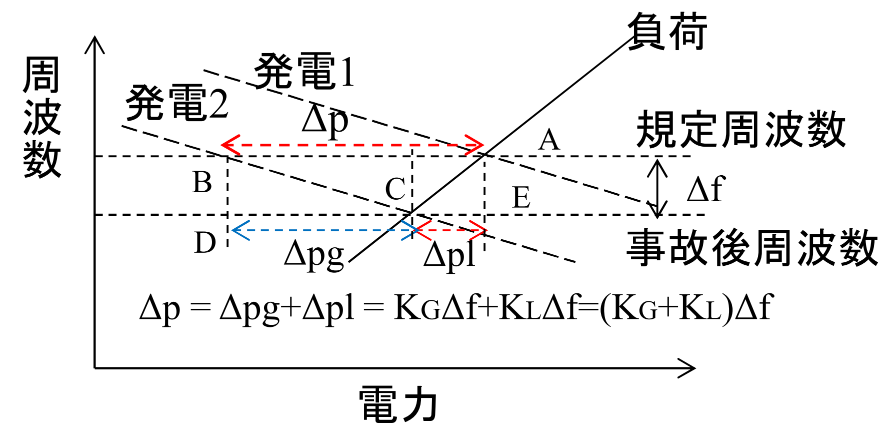
受電点から系統側を見たインピーダンスは、

$$3.0 + j4.0 + j2.0 = 3.0 + j6.0\ [\%]$$

$$\text{短絡容量} = \frac{100}{3.0 + j6.0} \times 10 [MVA]$$

$$= \frac{1000}{\sqrt{3.0^2 + 6.0^2}} = 149.\cdots [MVA]$$

Ⅲ-14②



図のように、縦軸に周波数、横軸に電力を取ってみると、事故前の運転ポイントはA点で、規定周波数で需要(負荷)と供給(発電1)がバランスしている。発電機がΔpだけ脱落すると、供給曲線は、発電1から発電2に移行する。需給ポイントは、負荷と発電2の交点であるC点に移行する。周波数低下をΔf、発電機と負荷の周波数特性をK_G, K_Lとすると、負荷変化量Δplは、

$\Delta pl = K_L \Delta f$となる。

また、発電機出力の規 定周波数からのずれによる変 化量は、

$\Delta pg = K_G \Delta f$となる。

負荷と併せて、

$\Delta p = \Delta pg + \Delta pl = (K_G + K_L)\Delta f$

これから、

$$\Delta f = \frac{\Delta p}{K_G + K_L}$$

$$= \frac{100/6000 \times 100}{(1.0+0.2)/0.1}$$

$$= 0.138\cdots$$

Ⅲ-16⑤

Bは中性点に電流が流れない。
Aは、Δ巻線に循環電流が流れるので、
一次側は中性線に零相電流が流れる。

Ⅲ-15 ④

出力PとトルクTの関係は、

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi n_s} = \frac{P}{2\pi n_0(1-s)}$$

$$= \frac{30P}{\pi N_{0m}(1-s)}$$

$P = 37[kW]$のとき、

$$T = \frac{37000}{2\pi n_s} = \frac{37000 \times 30}{\pi \times 1500} = 235.5[Nm]$$

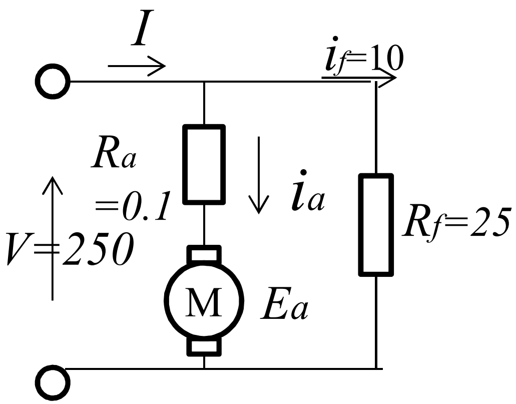
すべり$s = (1500-1425)/1500 = 0.05$

仮定により、すべりとトルクは比例するので、$132/235.5 = s'/0.05$

$s' = 0.05 \times 132/235.5 = 0.0280$

$N' = 1500(1-0.0280) = 1458\,\mathrm{min}^{-1}$

Ⅲ-17 ②



鎖交磁束をϕとする

$E_a = V - I_a R_a = K\phi \ N$

$I = 11[A], i_a = 1[A]$ のとき、$N = 1200$

$E_a = V - i_a R_a = 250 - 1 \times 0.1 = 249.9[V]$

$= K\phi \times 1200,$

$K\phi = 249.9 / 1200 = 0.20825$

$I = 110[A], i_a = 110 - 10 = 100[A]$

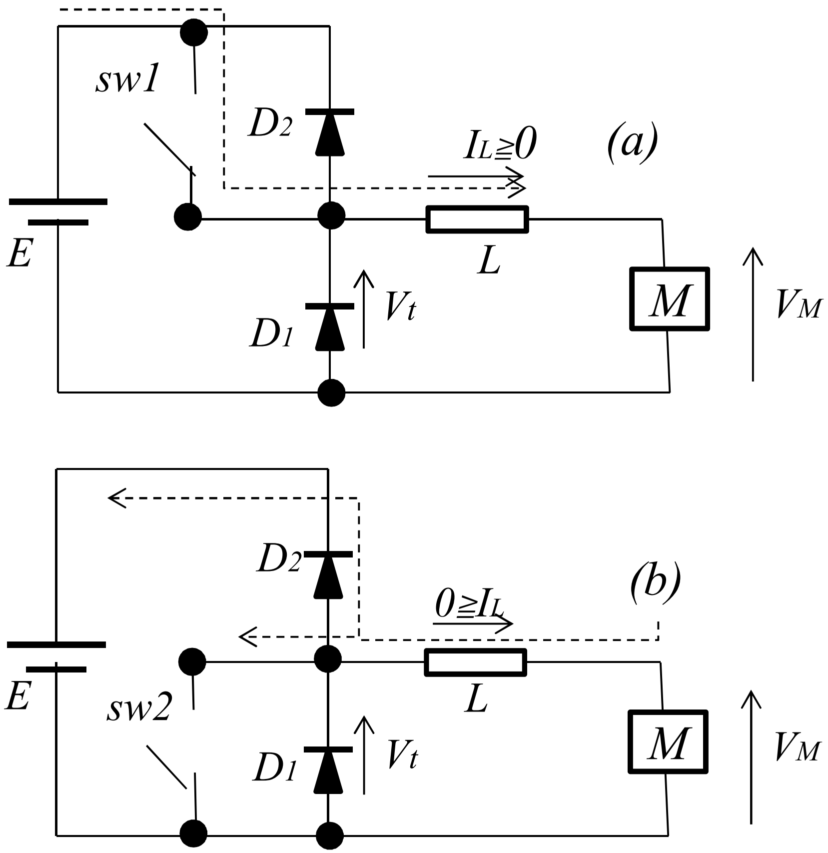
$E_a = V - i_a R_a = 250 - 100 \times 0.1 = 240[V]$

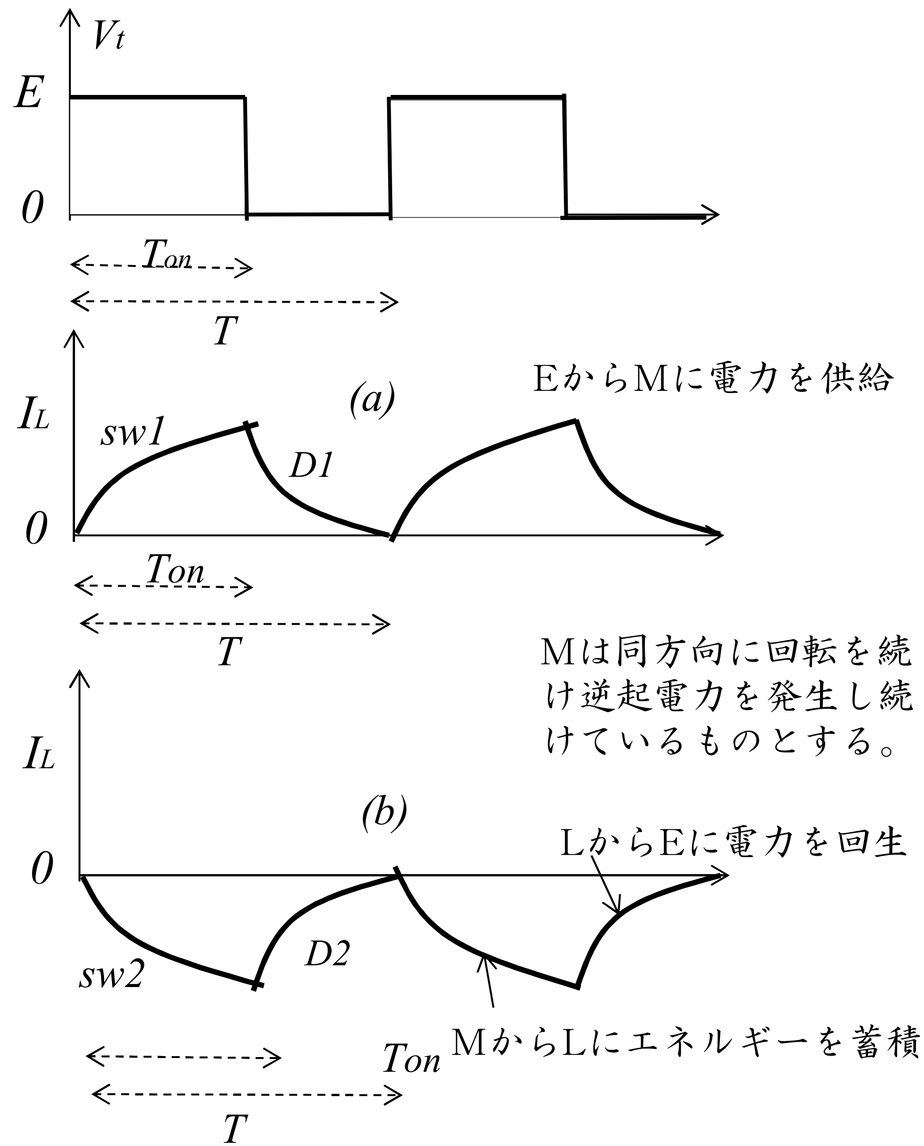
$= K\phi N = 0.20825 N$

$N = 240 / 0.20825 = 1152.4[\mathrm{min}^{-1}]$

正答は②

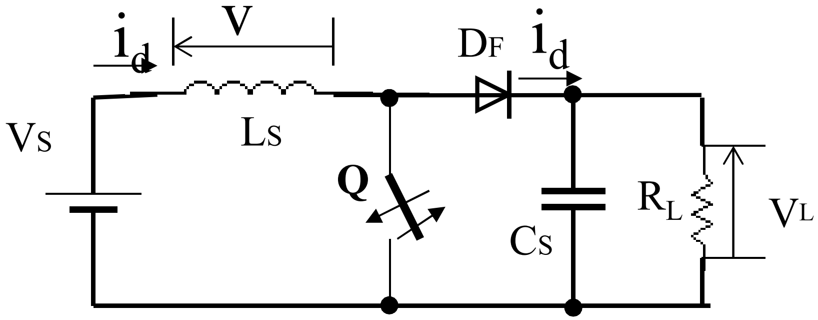
Ⅲ-18 ②

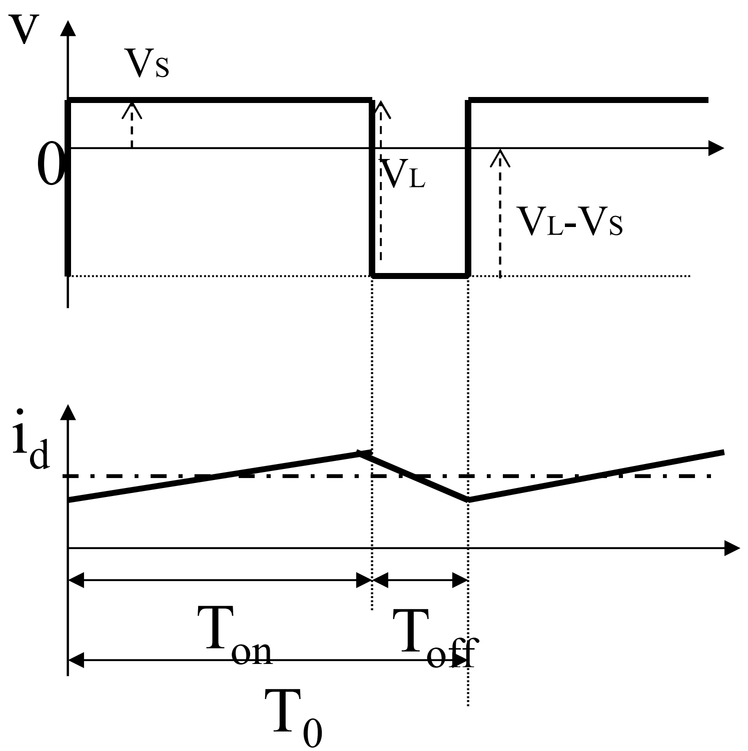




(a)ではSw1とD1により降圧チョッパー回路を構成し直流機Mに電源から電力を供給する。
(b)ではSw2とD2により昇圧チョッパー回路を構成し Sw2が閉のときL に蓄えられたエネルギーを Sw2が開のときEに返還（M の回生制動）する。

III-19 ②





Q がオンのとき L に蓄えられたエネルギー $V_S i_d T_{ON}$ は、Q がオフのとき $(V_L - V_S) i_d T_{OFF}$ として C_S, R_L に供給される。C_S が十分に大きくかつ定常状態では、i_d は直線状、さらには一定とみなせる。

$$V_S i_d T_{ON} = (V_L - V_S) i_d T_{OFF}$$

$$V_S (T_{ON} + T_{OFF}) = V_L T_{OFF}$$

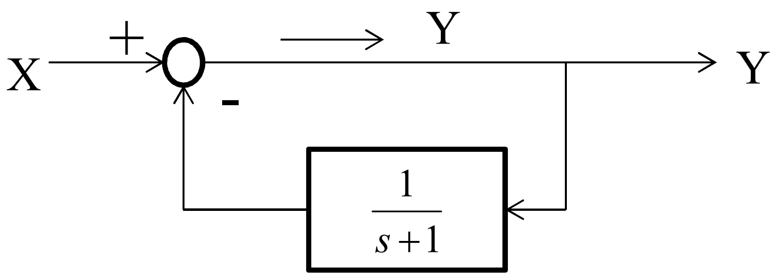
$$\therefore V_L = \frac{T_{on} + T_{off}}{T_{off}} V_S = \frac{T_0}{T_{off}} V_S \text{ となる。}$$

$\frac{T_0}{T_{off}} > 1$ であるから昇圧用となる。

V の平均値が0であるとしても、変圧比が求められる。$V_S T_{ON} + (V_S - V_L) T_{OFF} = 0$

から、$V_L = \frac{T_{on} + T_{off}}{T_{off}} V_S = \frac{T_0}{T_{off}} V_S$

Ⅲ-20 ②



フィードバック点でのバランスから、

$$Y = X - \frac{Y}{s+1}$$

$$Y\left(1+\frac{1}{s+1}\right) = X$$

$$\therefore \frac{Y}{X} = \frac{1}{1+\dfrac{1}{s+1}} = \frac{s+1}{s+2}$$(＝伝達関数)

単位ステップ応答は、単位ステップ関数のラプラス変換 $\frac{1}{s}$ を乗じて、

$$\frac{s+1}{s+2}\frac{1}{s} = \frac{A}{s} + \frac{B}{s+2} = \frac{(A+B)s+2A}{s(s+2)}$$

$\therefore A+B=1,\ 2A=1$ から、

$$A=\frac{1}{2}, B=\frac{1}{2}$$

$$\therefore \frac{s+1}{s+2}\frac{1}{s} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{s}+\frac{1}{s+2}\right)$$

このラプラス逆変換は、

$\frac{1}{2}\left(1+e^{-2t}\right)$である。

Ⅲ-21 ①

Ⅲ-22 ③

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{z_2}{R_1},\quad z_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + sC} = \frac{R_2}{1 + sCR_2}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_2 / R_1}{1 + sCR_2} = K\frac{1}{1 + s\tau}$$

遮断周波数 f_c は、電圧比が周波数が0のときの値(K)の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 以下になる境界の周波数であり、分母で $s = j\omega_c$ として、

$$\sqrt{1^2 + \omega_c^2\tau^2} = \sqrt{2}\ ,\omega_c = 2\pi f_c$$

すなわち、$\omega_c\tau = \mathbf{1}$ として求められる。

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi CR_2}$$

$$\lim_{f\to 0}\frac{v_{out}}{v_{in}} = K = -\frac{R_2}{R_1}$$

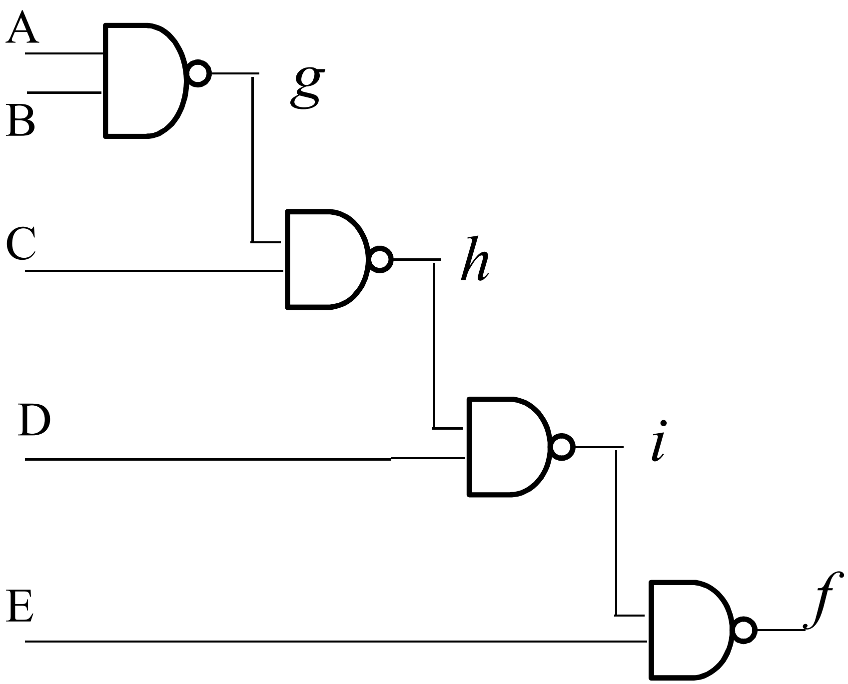
Ⅲ-23 ⑤

$$v_2 = -g_m v_{gs} \times \frac{1}{\frac{1}{r_g} + \frac{1}{R_L}}$$

$$= -g_m v_{gs}\frac{r_g R_L}{r_g + R_L}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = -g_m\frac{r_g R_L}{r_g + R_L}$$

Ⅲ-24 ①



次のように、g,h,iを定める。

$g = not(A \cdot B)$

$h = not(g \cdot C)$

$i = not(h \cdot D)$

f 以下を求めると、

$not(notZ) = Z$

$notX + notY = not(X \cdot Y)$

を利用して、

$f = not(i \cdot E)$

$= not\, i + not\, E$

$= h \cdot D + \overline{E}$

$= (not\, g + \overline{C}) \cdot D + \overline{E}$

$= (A \cdot B + \overline{C}) \cdot D + \overline{E}$

$= A \cdot B \cdot D + \overline{C} \cdot D + \overline{E}$

Ⅲ-25 ②

図1の上半分は、$\overline{X}+\overline{Y}$で、これと同値の$\overline{X}+\overline{Y}=not(X\cdot Y)$が $F(X,Y)$になっている。

一方、図1の下半分は、$X\cdot Y$で、この否定が出力 $F(X,Y)$ になっている。

図2の上半分は、

$\overline{Y}+\overline{Z}\cdot\overline{X}\cdots(1)$

である。

下半分は、$Y\cdot(X+Z)$

$\therefore F(X,Y,Z)$はこの否定で、

$not\{Y\cdot(X+Z)\}$

$=\overline{Y}+not(X+Z)$

$=\overline{Y}+\overline{X}\cdot\overline{Z}\cdots(2)$

(1)(2)が一致するのでこれが求める $F(X,Y,Z)$である。

Ⅲ-26 ⑤

$y=[1\quad 1\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0\quad 1]$

$c_1=(x_1+x_2+x_3)\bmod 2=(1+1+0)\bmod 2=0$

$c_2=(x_2+x_3+x_4)\bmod 2=(1+0+0)\bmod 2=1$

$c_3=(x_1+x_2+x_4)\bmod 2=(1+1+0)\bmod 2=0$

この結果は、c_2,c_3 が誤りになっている。

c_2,c_3だけに共通な x_4を 1 に反転すれば、

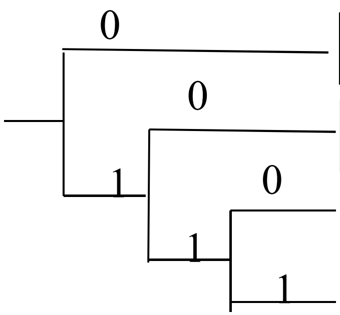
$y'=[1\quad 1\quad 0\quad 1\quad 0\quad 0\quad 1]$

として、$c_1,c_2,c_3=0,0,1$が得られるので

$x_1,x_2,x_3,x_4=1,1,0,1$ が正しい。

Ⅲ-27 ③

ハフマン符号化は、確率の最も低い二つのシンボルから出発し、確率の大きい方に０を与え、低い方に1を与えて求める。(次ページ参照)



	符号	確率P	符号長L	P×L
S_1	0	0.4	1	0.4
S_2	10	0.3	2	0.6
S_3	110	0.2	3	0.6
S_4	111	0.1	3	0.3
		計1.0		1.9

平均符号長 → 1.9

ハフマン符号化は
出現確率が高いシンボル
ほど短い符号が割り当て
られる方法の一つである。

Ⅲ-28 ②

積分を実行してみると

$$F(\omega)=\int_{-T}^{T}\frac{1}{T}e^{-j\omega t}dt=\left[\frac{1}{T(-j\omega)}e^{-j\omega t}\right]_{-T}^{T}$$

$$=\frac{-1}{Tj\omega}\left[e^{-j\omega T}-e^{j\omega T}\right]$$

$$=\frac{2}{\omega T}\frac{e^{j\omega T}-e^{-j\omega T}}{2j}$$

$$=\frac{2}{\omega T}\sin\omega T$$

Ⅲ-29 ②

$$F'(z)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}\{f(n-k)\}z^{-n}$$

$$=\left\{\sum_{n-k=-\infty}^{\infty}f(n-k)z^{-(n-k)}\right\}z^{-k}$$

$$=z^{-k}F(z')$$

$F(z')$の部分は$F(z)$と書き直しても同じ*なので、

$F'(z)=z^{-k}F(z)$と書ける。

* $F'(z)$で、$n-k$の部分をn'と書けば

$$F(z')=\left\{\sum_{n'=-\infty}^{\infty}f(n')z^{-n'}\right\}=\left\{\sum_{n=-\infty}^{\infty}f(n)z^{-n}\right\}$$

Ⅲ-30 ④

Ⅲ-31 ④

Ⅲ-32 ③

Ⅲ-33 ①

Ⅲ-34 ④

Ⅲ-35 ④